

## 食品に混入した毛様物同定の手法と課題

Identification of Hair as an Alien Substance in Food

浦口 宏二      伊東 拓也      高橋 健一

Kohji URAGUCHI, Takuya ITO and Kenichi TAKAHASHI

Key words : hair (毛) ; food (食品) ; alien substance (異物) ; identification (同定)

当所では、保健所等行政機関を通じて依頼される行政試験及び民間企業等から直接依頼される依頼試験として、食品に混入した動物性異物の同定試験を行っている。これら異物の多くは昆虫類であるが、そのほかに毛や骨片等の動物由来物質がある<sup>1)</sup>。このうち、毛が食品に混入した場合は、それがヒトの毛であれ、ネズミ類などヒト以外の動物の毛（以下、獣毛と記す）であれ、不衛生な状況のもとで食品が製造されたとして食品衛生上問題となる。従って、混入経路の推定と防止対策のために、その毛様物が毛であるか否かを判定し、毛であればその由来について明らかにする必要がある。しかし、混入した毛様物は多くの場合微小であり、事例によっては短く切断されていることもあって、検査依頼者の要求に応えられる程度は様々である。今回は、当所に同定依頼のあった毛の混入事例と同定結果を分析し、毛様物同定の手法と課題についてまとめた。

### 方 法

分析には、1997～2004年度（平成9～16年度）に食品混入異物として当所に同定依頼のあった毛様物を用いた。毛様物の同定は、必要に応じて混入状況の写真を撮影した後、食品から異物を摘出し、光学顕微鏡あるいは実体顕微鏡下で観察して行った。本報告では、毛様物の混入していた食品の品目、毛様物の形状、長さ、太さ等の形態、採用された同定手法及び同定結果について解析した。

### 結果及び考察

#### 1. 混入事例と毛様物の形状

今回解析した検体の数は、1997年4月～2005年3月にかけて同定された毛様物のうち、標本を返却したもの等を除く24検体であった。

毛様物の混入していた食品は、白飯、おにぎり、ビビンバ丼、ピザ、コロッケ、バターコーン、ポテトサラダなどの弁当・そうざい類、うなぎ蒲焼きパック、鮭の缶詰、鮭ほぐし身、貝とウニの和え物などの魚介類加工品、しゃぶ

しゃぶ用豚肉、ソーセージなどの食肉及び食肉製品、ケーキ、マフィン、クッキー、せんべいなどの菓子類のほか、めん類（ラーメン）など極めて多様であり、特定の食品に毛の混入が多い傾向は認められなかった。これは、食品を餌や産卵場所と認識して積極的に入り込むことが多い昆虫類と異なり、毛の混入はあくまで偶発的であるためと思われる。

提出された毛の形状は、直状、弧状、波状、著しい波状<sup>2)</sup>などであった。色は、黒色または黒褐色のもの15検体、白色のもの7検体、1本の毛の中に黒色部と白色部を持つもの2検体であった。太さは0.03～0.21 mmであった。長さは9～98 mmであったが、24検体のうち、毛根から毛先までそろっていたものは5検体、毛根部のみ切断されていたものは2検体、毛先部のみ切断されていたものは8検体、両端とも切断されていたものは9検体で、検体の約8割は少なくとも一方の端が切断されていた。この原因としては、散髪によって先端が切断された人毛が混入することや、混入当初は毛根から毛先までそろっていた獣毛が食品の製造過程で切断されることなどが考えられた。

#### 2. 同定手法

人毛や獣毛の形態について記載した報告は多い<sup>2-12)</sup>。しかし、日本産の動物の毛の検索表を載せているものはわずかである<sup>11)</sup>。このため、毛の同定にあたっては、これまで報告された形態的特徴を参考にしつつ、総合的判断で行わなければならない。

これまで当所で行ってきた毛様物の同定手順を整理した結果、おおむね図1のようなフロー図にまとめられた。すなわち、毛様物が同定依頼された場合には、まずその異物が毛なのか否かを判定し、毛の場合には獣毛か人毛（または人毛類似の獣毛）であるかを判定する。人毛または人毛類似の獣毛の場合は、次に人毛か獣毛かを判定する。獣毛の場合には種を特定し、人毛の場合には発生部位を特定する。毛様物の同定はこのように段階的に進められる。

以下、毛様物同定の手法と課題について、段階ごとに詳

述する。まず、毛様物が毛であるか否かの判定には、主に毛髄と毛小皮紋理の有無を用いた。毛髄は、三層構造をなす毛の中心部分であり、光学顕微鏡で観察すると周辺よりも濃色の部位として認められる(図2)。毛小皮紋理は、毛の最外層にある毛小皮が作る鱗状の紋様である(図3)。毛小皮紋理の観察には走査電子顕微鏡が理想的であるが、光学顕微鏡でも焦点深度を深くすることで観察は可能である。人毛の場合、毛小皮紋理は、毛の全長に渡って横行波状と呼ばれる形状(図3)であるが、獣毛では、鱗片状、山形状、針状など様々な形状を示し、分類群によって、また1本の毛の部位によっても異なることが知られている<sup>2,7,10)</sup>。毛髄と毛小皮紋理のどちらかあるいは両方が認められた場合、その異物は毛であると判定した。この鑑別点によって、ほとんどの場合、毛とそれ以外の繊維質を区別することができた。しかし、人毛の場合、部分的に毛髄が観察されない例が多くあり、また、強度のブラッシング等により部分的に毛小皮が剥げてしまう例も報告されている<sup>2,9)</sup>。従って、異物が毛の一部であった場合、人毛では毛小皮も毛髄も観察されない場合がありうることを考慮しなければならない。

毛髄と毛小皮紋理によって異物が毛であると判定された

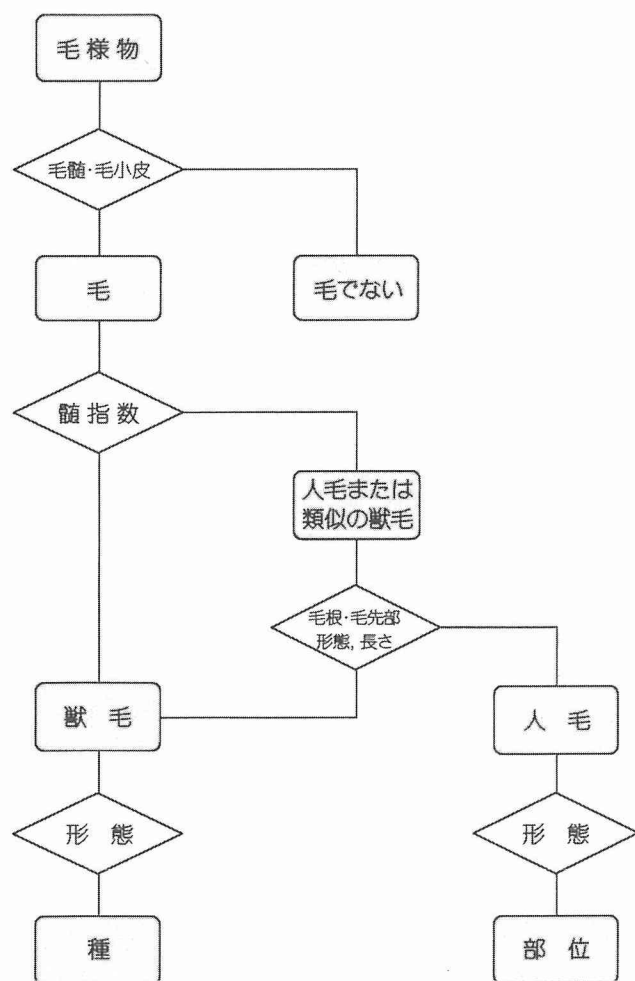


図1 毛様物同定のフロー

場合、次に、その毛が獣毛なのか否かを判別した。これには髄指数を用いた。髄指数は、毛の太さに対する毛髄の太さの百分率である。ヒト以外のほとんどの動物で毛髄の太さは毛の太さの1/2以上であることが知られている<sup>2)</sup>。従って、髄指数が概ね50以上であれば獣毛と判定した。この鑑別点の問題は、獣毛でも、毛根部・毛先部には毛髄を欠く場合が多いことである。従って、検体が毛根部や毛先部のみであった場合は、髄指数だけでなく、後述するように毛根や毛先の形状、毛の太さ、長さ、毛小皮紋理の形状等も観察して、人毛との違いが見られるか否かを判定する必要がある。

人毛の毛髄は細く、毛の太さの1/3以下であることが知られている<sup>9)</sup>。しかし、獣毛でも、ブタ、イノシシ、クマ、類人猿の毛、毛糸に使われた羊毛などは、毛髄が細いあるいは無髄であるとされている<sup>2,7)</sup>。さらに、これらの動物の毛は毛小皮紋理も人毛に類似している<sup>2,7)</sup>。このため、検体の髄指数が35以下であった場合は、人毛または人毛類似の獣毛と判定した。

人毛か人毛類似の獣毛かを特定するためには、毛髄と毛小皮紋理以外の鑑別点を用いる必要がある。例えば、獣毛の毛根は人より細いこと、またブタ類の毛先は多くの場合

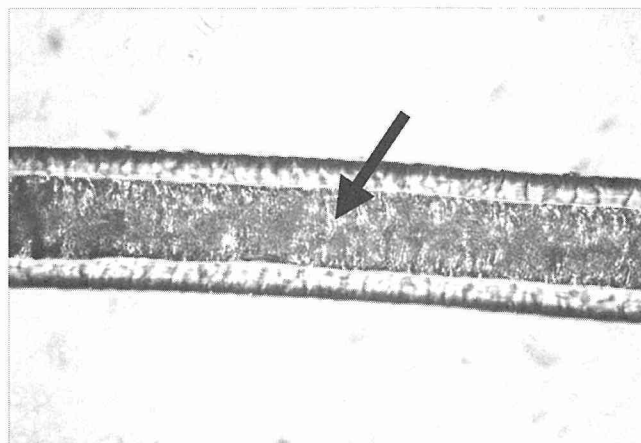


図2 毛髄(矢印部分)

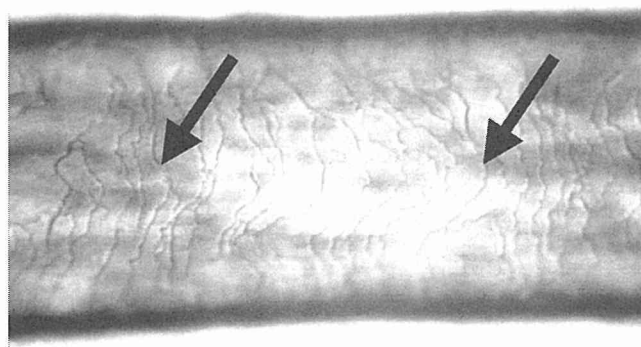


図3 毛小皮紋理(矢印部分、本図は横行波状を示す)

表1 獣毛と同定された食品混入異物の形態 (1997～2004 年度)

No.	形状	色	長さ(mm)	太さ(mm)	毛小皮	髓指数	毛根	毛根形状	毛先	毛先形状	食品名
1	直状	黒褐色, 中央2カ所に白色部	62	0.07	横行波状	76	切断	—	切断	—	不明
2	軽い波状	白色	90	0.06	有	70	切断	—	有	裂け目あり	不明
3	弧状	毛先側が淡褐色 毛根側が黒色	62	0.09	鱗片状～ 横行波状	60	有	細長い	有	針状	チョコレート
4	軽い弧状	褐色	10	0.1	横行波状	46	有	細長い棍棒状	有	針状	豚生肉
5	軽い波状	白色	98	0.07	横行波状	64	有	やや細長い棍棒状	切断	—	牛肉コロッケ
6	軽い波状	白色	64	0.09	横行波状	68	有	細長い	有	針状	牛肉コロッケ
7	軽い波状	白色, 先端と中央に黒色部	35	0.08	毛根部鱗片状	80	切断	—	有	針状	白飯
8	弧状	黒色	33	0.21	有	37	有	ヒトより細い	有	分裂状	おにぎり
9	波状	白色	51	0.04	横行波状	0	切断	—	切断	—	せんべい
10	著しい波状	白色	58	0.03	横行波状 一部鱗片状	60	切断	—	切断	—	ピザ

表2 人毛と同定された食品混入異物の形態 (1997～2004 年度)

No.	形状	色	長さ(mm)	太さ(mm)	毛小皮	髓指数	毛根	毛根形状	毛先	毛先形状	食品名
1	軽い弧状	黒褐色	14	0.06	横行波状	33	切断	—	切断	—	鮭ほぐし身
2	波状	褐色 (毛先部と毛根部は淡色)	94	0.13	横行波状	32	有	棍棒状	切断	—	不明
3	著しい波状	光沢のない褐色 (毛根部は淡色)	52	0.14	横行波状	25	有	(脂ろう性脱毛の形態?)	切断	—	不明
4	軽い波状	白色	97	0.09	横行波状	32	切断	—	切断	—	貝ウニ和え
5	波状	黒色	50	0.17	横行波状	25	有	(毛根鞘細胞多く付着)	切断	—	うなぎ蒲焼パック
6	著しい波状	黒褐色 (毛根部は淡色)	63	0.17	横行波状 (毛根部)	30	有	棍棒状	切断	—	ポテトサラダ
7	波状	黒褐色 (毛根部は淡色)	37	0.13	横行波状	30	有	棍棒状	切断	—	バターコーン

表3 人毛または人毛類似の獣毛と同定された食品混入異物の形態 (1997～2004 年度)

No.	形状	色	長さ(mm)	太さ(mm)	毛小皮	髓指数	毛根	毛根形状	毛先	毛先形状	食品名
1	軽い弧状	黒褐色 (毛根部は白色)	12	0.20	横行波状	30	有	棍棒状	切断	—	クッキー
2	軽い弧状 (1カ所屈曲)	黒褐色	58	0.12	横行波状	20	切断	—	切断	—	ラーメン
3	軽い波状	白色	18	0.09	大部分剥離 (一部波状)	0	切断	—	切断	—	肉じゃがコロッケ
4	軽い波状	黒褐色	68	0.11	横行波状	20	切断	—	切断	—	ソーセージ
5	(白色結節部, 縦裂部あり)	黒褐色	9	0.07	波状または横行波状	0	切断	—	切断	—	マフィン
6	弧状	褐色	26	0.10	横行波状	0	有	棍棒状 (小さめ)	切断	—	ビビンバ丼
7	軽い弧状	黒褐色	12	0.10	横行波状	26	切断	—	有	半円状に摩耗	鮭の中骨缶詰

複数に裂けていることなどである<sup>2,9,10)</sup>。ただし、すでに述べたように、異物としての毛の多くは毛根部あるいは毛先部が切断されているため、これらの鑑別点も確認できない場合が多かった。

同定のフロー図では、この後、獣毛ならば種の判定、人毛ならば発生部位の判定を行うことになるが、現実には、国産動物を網羅した毛の検索表がないこと、人毛の発生部位について、例えば陰毛と脇毛のように判別の困難なもの

が多いことなどから、同定試験の成績としては「人毛」「獣毛」または「ヒトを含む動物の毛」までにとどめた。

### 3. 同定結果

以上のような手法を用いて、24検体の異物を同定した結果は、獣毛10検体(表1)、人毛7検体(表2)、ヒトを含む動物の毛7検体(表3)であった。このほか、毛様物として検査依頼があったが、同定の結果毛ではなかったものが4検体あった。

表1に示すように、獣毛と判定された10検体のうち8検体は髓指数のみで判定可能であった。残り2検体のうち、髓指数が37であった検体(No.8)は、毛根部が人毛のそれよりも細く、毛先が分裂状であるなど、プタ毛の特徴を示していたため獣毛と判定された。毛髓の認められなかった検体(No.9)は、太さが0.04 mmであり、通常0.09~0.12 mmの太さがあるとされている人毛(黄色人種の頭髮)<sup>2)</sup>に比して極めて細いこと、51 mmの長さがありながら太さの変化が少ない波状の毛であることなどから、人毛ではなく羊毛である可能性が高いと考えられた<sup>2)</sup>。

人毛と判定された7検体(表2)のうち、5検体(No.2, 3, 5, 6, 7)はヒトの陰毛または脇毛様の極めて太い、波状または著しい波状の毛であった。この形態から、プタ類の毛及び羊毛を否定できた。残り2検体も、長さ、太さ、形状等の総合的判断により人毛と同定された。人毛に類似した毛を持つ動物としてはクマと類人猿もあげられるが、それらの毛の形態に関する情報は乏しく、食品にクマや類人猿の毛が混入する可能性は極めて低いと考えられることから、これまでは同定時に考慮にいれていない。

表3の7検体は、髓指数が35以下であることから人毛または人毛類似の獣毛と判定された。混入状況から判断して人毛である可能性が高いものが多かったが、7検体中4検体は両端が切断されており、また、残り3検体は毛先部か毛根部のどちらかが切断されていたため重要な鑑別点を欠いており、人毛・獣毛の判別には至らなかった。

#### 4. 今後の課題

上記のように、当所では、毛髓と毛小皮紋理を主な鑑別点として人毛または獣毛までの同定を行ってきた。しかし、人毛に類似した数種の獣毛の鑑定に問題があった。その一つとして、毛根部や毛先部の形状が重要な鑑別点であるにもかかわらず、異物には切断等により完全な状態の毛が少ないことがあげられる。また、わが国では特に獣毛に関する研究が少なく、国産動物の毛の同定に使える検索表がないことも問題である。いくつかの文献が国産の動物の毛の形態的特徴を記載しているが、とりあげられている種数や

サンプル数が少なく、発生部位や個体による毛の形態的差異に関する検討も行われていない。このため、厳密な同定結果を要求される食品混入異物試験においては、毛の動物種を特定するのは控えざるを得ないのが現状である。さらに、人毛の発生部位に関しても、報告されている鑑別点の多くが相対的なものであることから、食品混入異物の同定結果として断定するには至っていない。

当所では、これまで毛様物の同定法として安価で簡便な形態分類の手法を用いてきたが、近年、遺伝子解析を用いた異物同定法も急速に進歩している。今後はこれらの手法に関する情報も集積し、人毛・獣毛の同定方法を確立していくことが必要であると考えられた。混入異物としての毛の同定では、獣毛の中でも特に、人毛に類似した数種の獣毛の識別が重要である。プタに代表されるこれらの獣毛の同定に関する知見の集積が、今後まず優先されるべき課題と思われた。

#### 文 献

- 1) 伊東拓也, 浦口宏二, 高橋健一: 道衛研所報, 51, 91 (2001)
- 2) 佐藤 元: 混入毛髪鑑別法, サイエンスフォーラム, 東京, 2004, p. 119
- 3) Day MG: J. Zool., 148, 201 (1966)
- 4) 岩本俊孝, 中川浩伸: 宮崎大学教育学部紀要自然科学, 72, 21 (1992)
- 5) Kondo K, Arai E, Ohsugi T: J. Mamm. Soc. Japan, 10, 115 (1985)
- 6) Mathiak HA: J. Wildlife Management, 2, 251 (1938)
- 7) 佐藤 元, 吉野峰生, 瀬田季茂: 科学警察研究所報告法科学編, 33, 1 (1980)
- 8) Stains HJ: J. Wildlife Management, 22, 95 (1958)
- 9) 須藤武雄, 瀬田季茂: 毛髪科学図説, 日本毛髪科学協会, 東京, 1991, p. 124
- 10) Teerink BJ: Hair of West European Mammals, Cambridge University Press, Cambridge, 1991, p. 224
- 11) 米田政明: 哺乳動物学雑誌, 9, 88 (1982)
- 12) Williams CS: J. Wildlife Management, 2, 239 (1938)